

от человеческого фактора, поэтому необходимо больше внимания уделить исследованиям, систематизации и анализу этих процессов [4-6].

Литература

1. Радван Арафа Биссиуни. Анализ профзаболеваний с учетом временного смещения событий: матеріали Міжнародної науково-методичної конференції, «Безпека людини у сучасних умовах», 2–3 грудня 2010 р. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – С. 257–259.
2. Айвазян С.А., Прикладная Статистика, Москва, 2001. Юнитиб. - 432 с.
3. В.В. Березуцкий, В.В. Макаренко, Радван Арафа Биссиуни. Анализ производственного травматизма на трубопрокатном участке с применением статистического метода. – Харьков: Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – № 30. – С. 73–78.
4. Радван Арафа. Разработка модели безопасности труда в Египте. – К.: Вісник НАУ. – 2008. – №4. – С. 99–103.
5. В.В. Березуцкий В.В., С.Е. Гардер, В.В.Макаренко, Радван Арафа Биссиуни. Анализ и математическое описание травм на трубопрокатном участке. – Харьков: Вестник НТУ «ХПИ». – 2009. – №15. – С. 14–20.
6. В.В. Березуцкий, Р.А. Біссуні, В.Г. Здановський. Управління охороною праці на металообробних виробництвах машинобудівної галузі. – Київ: Збірник ННДІПБОП. – 2010. – № 19. – С. 25–37.

На основі симулятора трафіку швидкісної захищеної мережі показана можливість його генерування з потрібним рівнем деталізації. Вказана можливість використання симулятора для аналізу та тестування як алгоритмів розрахунку матриць трафіку, так і рішення інших науково-технічних завдань

Ключові слова: симулятор, трафік, мережа, матриця трафіку

На основе симулятора трафика скоростной защищенной сети показана возможность его генерирования с нужным уровнем детализации. Указана возможность использования симулятора для анализа и тестирования как алгоритмов расчета матриц трафика, так и решения других научно-технических задач

Ключевые слова: симулятор, трафик, сеть, матрица трафика

On the basis of simulator of traffic highly to the speed protected network possibility of generating of traffic is rotined with the necessary level of working out in detail. Possibility of the use of simulator is indicated for the analysis and testing of both algorithms of calculation of matrices of traffic and decision of other sci-entific and technical tasks

Key words: simulator, the traffic, network, traffic matrix

УДК 519.876.5; 004.738.5

ПРОВЕРКА ВАЛИДНОСТИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ МАТРИЦ ТРАФИКА НА ОСНОВЕ СИМУЛЯТОРА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЗАЩИЩЕННЫХ СЕТЕЙ

С.Л. Волков

Кандидат технических наук

Кафедра информационно-измерительных технологий

Одесская государственная академия технического

регулирования и качества

ул. Ковальская, 15, г. Одесса, Украина, 65029

Контактный тел.: 050-316-71-14

E-mail: greyw@ukr.net

А.А. Сыропатов

Инженер

Одесский национальный политехнический университет

пр. Шевченка, 1, г. Одесса, Украина, 65110

Контактный тел.: 067-487-77-71

E-mail: fleshka_09@ukr.net

Введение, постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями

Основным методом исследования сложных информационных систем на всех стадиях их разработки,

проверки и модернизации, с учетом наличия современных мощных вычислительных комплексов, является моделирование. Аналитическое моделирование процессов, протекающих в сетях передачи данных, является достаточно сложным и зачастую не возможным в рамках заданной точности из-за множества допуще-

ний и ограничений. Поэтому предпочтение отдается имитационному моделированию. Имитационная модель позволяет воспроизвести весь процесс функционирования сети с сохранением логической структуры, связи между явлениями и последовательность протекания их во времени. Имитационное моделирование позволяет учесть большое количество реальных деталей функционирования моделируемого объекта и является незаменимым при управлении, повышении эффективности сети и при разработках сетей нового поколения.

Актуальность проблемы и нерешенные прежде части общей проблемы, определяются тем, что возможность генерирования трафика на уровне загрузки высокоскоростных каналов очень важна, т.к. существующие коммерческие и другие варианты симуляторов работают на уровне пакетов и предназначены преимущественно для нужд обслуживания сети, т.е. для администраторов сети. Эти вопросы освещены, в основном, в научных публикациях американских исследователей и ученых: Cao Jin, Davis D., Feldmann A., Leland W., Lin D., Morris R., Tebaldi C., Vander S. Weil, Vardi Y., West M., Willinger G.W. и Yu B.

Таким образом, целью статьи является синтез симулятора, который позволяет генерировать трафик с нужным уровнем детализации и, как показала практика, прекрасно подходит для анализа и тестирования как алгоритмов расчета матриц трафика (МТ), так и решения других научно-технических задач. В качестве проверки разработанной технологии моделирования трафика рассмотрим расчет МТ на некотором заданном примере топологии, типичном для теоретических исследований.

Перейдем к изложению основного материала, а именно: обоснуем и сделаем описание метода проверки валидности оценки матриц трафика на основе симулятора трафика высокоскоростных защищенных сетей.

Для проверки разработанного метода моделирования рассмотрим его применение для оценки МТ (рис. 1).

Научное направление по разработке методов оценки МТ последние десятилетия развивается весьма активно [1...3, 5]. Существует несколько подходов теоретической оценки анализа МТ, и известны их слабые стороны. В частности большинство из них слабо адаптировано для современного высокоскоростного трафика, что, однако, не всегда отображено в литературе, поскольку апробация, как правило, происходит на основе экспериментальных данных локальных сетей, по-

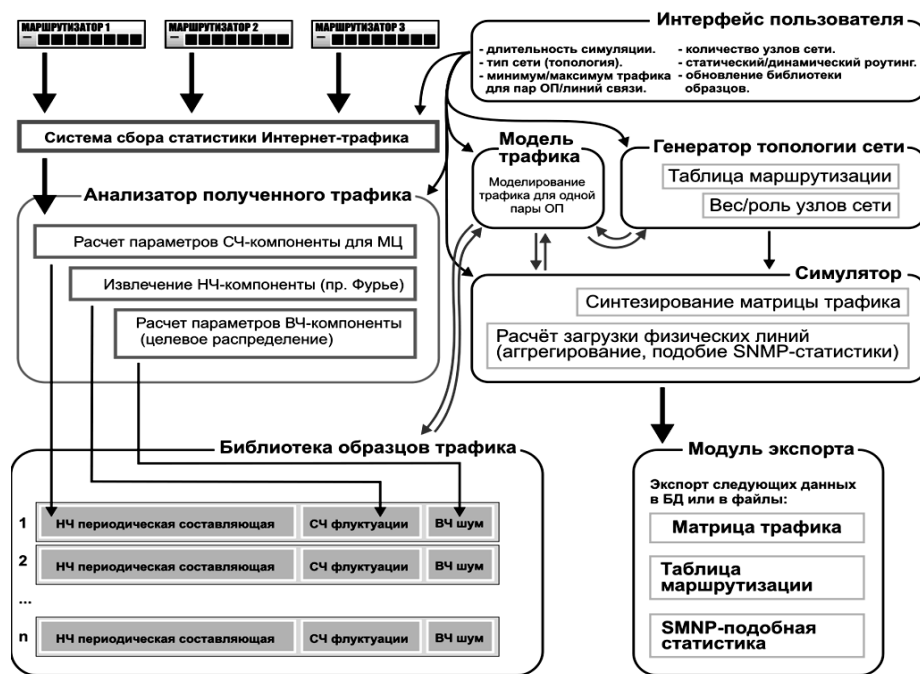


Рис. 1. Применение метода моделирования для оценки МТ

лученных на ограниченном временном интервале [4]. Проверка таких алгоритмов на трафике, генерируемом синтезированным симулятором, должна продемонстрировать насколько они пригодны для исследования защищенных высокоскоростных коммерческих сетей.

С другой стороны, представляется возможным выявить теоретический метод оценки МТ, наиболее адаптированный к сетевым реалиям сегодняшнего дня. Исходя из этого, метод проверки заключается в генерации матрицы трафика на основе разработанного симулятора и использовании полученных данных в алгоритмах расчета матриц трафика. Для общности эксперимента необходимо выполнить расчет МТ на основе трафика, симулированного классическими методами. Рейтинг классических теоретических методов с точки зрения точности оценки МТ для случая высокоскоростного трафика известен. Нашей задачей является проверка классических методов на трафике, генерированном симулятором. При сохранении относительной картины точности различных подходов представляется возможным получить сравнимые численные результаты. В качестве топологии вполне логично рассмотреть классический пример, который рассмотрен авторами многих статей (рис. 2).

Для данной базовой компоненты сети в виде звезды имеется 6 узлов. Данные трафика для каждой отправитель-получатель (ОП) пары были взяты из базы данных экспериментальных измерений, полученных на основе SNMP протокола по разработанной методике. Далее известный метод оценки МТ проверялся на полученном трафике и на трафике, который был сгенерирован на основе рассматриваемого теоретического подхода. Важным пунктом являлся факт проведения анализа по вопросу: насколько введение той или иной коррекции в классические методы оценки МТ позволяет увеличить ее точность.

Полученные результаты сравнивались. В качестве метода оценки МТ рассматривалась: гравитационная модель трафика и оценка МТ на основе метода максимального правдоподобия.

Теперь выполним тестирование теоретических методов оценки матрицы трафика и рассмотрим гравитационную модель оценки МТ.

В общем случае для нескольких узлов P1, P2..., обмен трафиком может происходить по разным каналам. Базовая топология «звезда» входит в состав ячеистой структуры (рис. 3) с магистральными каналами a1, a2..., и пиринговых каналов пользователей p1, p2....

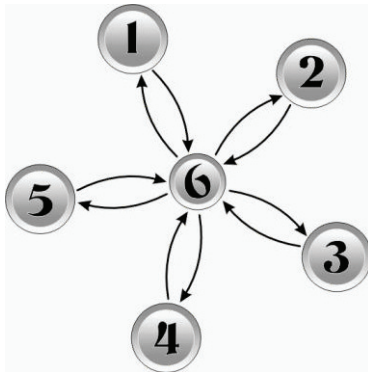


Рис. 2. Базовая топология сети

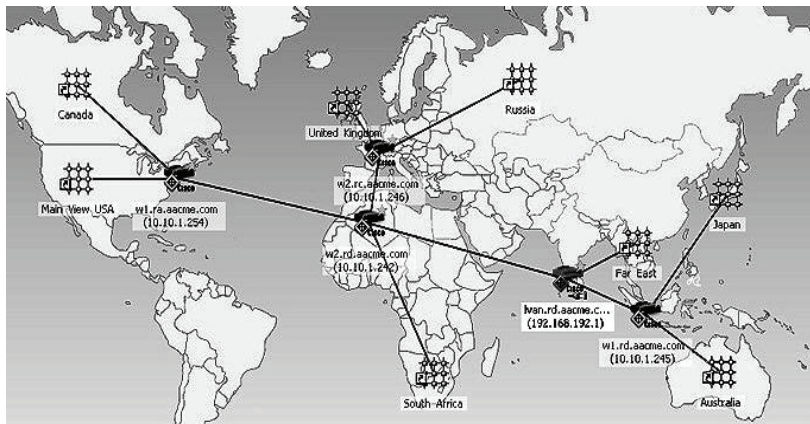


Рис. 3. Фрагмент типичной топологии сети

Обозначим набор каналов, подсоединенных к узлу Pi, как pi, а π – всю совокупность каналов. Определим Λ как множество каналов, позволяющих обеспечить трафик всех внешних каналов j: $x_{link}^{in,out}(j)$, где индексы in,out обозначают входящий и выходящий из сети трафик. Тогда для узла Pi запишем:

$$x_{peer}^{in,out}(P_i) = \sum_{p \in \pi_i} x_{link}^{in,out}(p) \quad (1)$$

Определим приходящий по каналу ai в узел Pj трафик, как X(ai, Pj). Положим, что часть

внутреннего трафика сети передается по каналу ai ко входу канала aj. В таком случае внутренний трафик от $a_i \in \Lambda$ к $P_m \in \pi_i$ можно выразить как:

$$x_{outbound}(a_i, P_m) = \begin{cases} \frac{x_{link}^{in}(a_i)}{\sum_{a_k \in \Lambda} x_{link}^{in}(a_k)} x_{peer}^{out}(P_j), & \text{for } p_m = X(a_i, P_j), \\ 0, & \text{for } p_m = X(a_i, P_j). \end{cases} \quad (2)$$

Внутренний трафик от pi к aj составит:

$$x_{inbound}(p_i, a_j) = x_{link}^{in}(p_i) \frac{x_{link}^{out}(a_j)}{\sum_{a_k \in \Lambda} x_{link}^{out}(a_k)} \quad (3)$$

Внутренний трафик от aj к aj составит:

$$x_{internal}(a_i, a_j) = \frac{x_{link}^{in}(a_i)}{\sum_{a_k \in \Lambda} x_{link}^{in}(a_k)} x_{internal}^{out}(a_j) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x_{internal}^{out}(a_j) &= x_{link}^{out}(a_j) - \sum_{p_k \in \pi} x_{inbound}(p_k, a_j) = \\ &= x_{link}^{out}(a_j) \left(1 - \frac{\sum_{p_k \in \pi} x_{link}^{in}(p_k)}{\sum_{a_k \in \Lambda} x_{link}^{out}(a_k)} \right) e \end{aligned}$$

Вычислительная сложность алгоритма оценки для всех каналов составит $O(N^2)$. Базовый закон гравитации применительно к общему трафику сети можно выразить как

$$X_{ij} = O_i \alpha_{ij}, \quad (5)$$

где: $O_i = \sum_j X_{ij}$ – общий объем тра

фика из узла i; α_{ij} – некоторый весовой коэффициент, отображающий частоту информационного обмена между узлами (рис. 4). Определение значения этих коэффициентов является сутью гравитационной модели.

С учетом стохастической природы трафика логично рассматривать трафик ОП пар, состоящими из детерминированной и случайной составляющих:

$$U_j^i = V_j^i + e_j^i \quad (6)$$

где: U_j^i – общий трафик между узлами i и j; V_j^i –

детерминированная составляющая трафика между узлами i и j; e_j^i – случайная составляющая трафика

между узлами i и j.

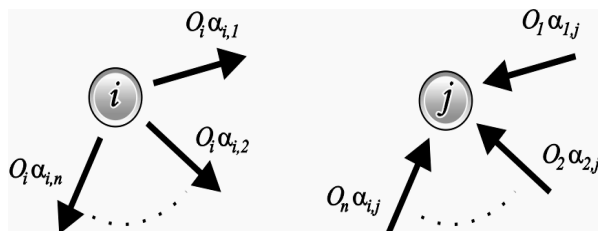


Рис. 4. Весовые коэффициента трафика

Возможно использование множества различных маршрутов в рамках заданной топологии обмена трафиком, которое обозначим как C . Тогда вероятность соединения узлов i и j :

$$P_C^i(j) = P[U_j^i = \max_{k \in C} \{U_k^i\}] \quad (7)$$

Если предположить для простоты изложения, что существует только два решения, $C=1, 2$, то (7) преобразуется к виду:

$$P_{1,2}^i(1) = P[U_1^i \geq U_2^i] = P[V_1^i + e_1 \geq V_2^i + e_2] = P[V_1^i - V_2^i \geq e_2 - e_1] \quad (8)$$

С учетом центральной предельной теоремы, (8) можем переписать в виде:

$$P_{1,2}^i(1) = \int_{-\infty}^{V_1^i - V_2^i} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{x}{\sigma})^2} dx \quad (9)$$

где дисперсия всех суперпозиций – $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_{12}$. Оценка плотности вероятности на основе методики [6], составит:

$$f(x) = \mu e^{-\mu(x-\eta)} e^{-e^{-\mu(x-\eta)}} \quad (10)$$

где: η – параметр позиции; μ – параметр масштаба, $\mu > 0$.

На основании приближения (10), (9) представим в виде:

$$P_{1,2}^i(1) = \frac{e^{V_1^i}}{e^{V_1^i} + e^{V_2^i}} \quad (11)$$

Для общего случая более, чем 2 возможных решений (11), преобразуется к виду:

$$P_C^i(j) = \frac{e^{V_j^i}}{\sum_{k \in C} e^{V_k^i}} \quad (12)$$

На основании (12) представляется возможным определить весовые коэффициенты гравитационной модели:

$$X_{ij} = O_i \frac{e^{V_j^i}}{\sum_{k \in S} e^{V_k^i}} \quad (13)$$

где: O_i – общий объем трафика от узла i ; S – число возможных решений.

Простейшим способом оценить детерминированную часть трафика D_j будет:

$$D_j = \sum_i X_{ij} \quad (14)$$

Используя SNMP-протокол, эта часть легко определяется. Таким образом, выбор между узлами j и i определится выражением:

$$V_j^i = \mu_i D_j + \gamma_j \quad (15)$$

где: μ_i – взвешивающий коэффициент; γ_j – параметр масштабирования.

При использовании гравитационной модели для анализа МТ параметры μ_i , $i=1, \dots, n\sqrt{a^2+b^2}$ и γ_j , $j=1, \dots, n$

необходимо рассчитывать, как правило, на основании метода максимального правдоподобия. Для оценки используется заданный трафик ОП пары X_{ij} и величины D_j и O_i на некотором временном интервале. Конечными формулами для оценки МТ, в соответствии с соотношением $Y=AX$, являются (12) и (13), что можно отобразить соотношением:

$$\{\mu_i, i=1, \dots, n\} = \text{Argmax} L \left(\bar{X}_{ij} = O_i \frac{e^{\mu_i D_j}}{\sum_{q=1}^n e^{\mu_i D_q}} \middle| Y \right) \quad (16)$$

Для моделирования рассмотрим также улучшенную гравитационную модель [6]. Коррекция выполнена на основе введения параметров m пространства E_{ik} , $k=1, \dots, m$, соответствующего каждому узлу.

В таком случае исходное выражение гравитационной модели (6) записывается с коррекцией:

$$V_j^i = \mu_{i1} E_{i1} + \mu_{i2} E_{i2} + \dots + \mu_{im} E_{im} + \gamma_j \quad (17)$$

где μ_{ik} – взвешивающие коэффициенты введенных параметров точности. Поскольку для каждого из n узлов имеется m уточняющих параметров, вычислительная сложность алгоритма $n(m+1)=O(n)$, т.е. ниже, чем для статистического подхода.

Необходимо отметить, что коррекция гравитационного метода возможна только при наличии экспериментальных данных, соответствующих реальному трафику защищенных коммерческих сетей.

Результаты проверки валидности оценки МТ на основе гравитационной модели представлены в табл. 1. СКО оценки от соответствующего дискрета генерируемого трафика представлена в процентном измерении. В качестве параметра точности используем приведенную (нормированную) оценку корня из СКО оценки вектора параметров потока $\theta^{(j)}$ каждой j -ой ОП-пары:

$$S = \frac{\sqrt{E(\hat{\theta} - \theta)^2}}{\theta_{\max} - \theta_{\min}} \quad (18)$$

Анализ полученных данных свидетельствует о несостоятельности оценки точности МТ на основе гравитационной модели. Оценка точности завышена в среднем на 9%. С другой стороны, использование

корректированной гравитационной модели на основе данных измерений реального трафика защищенной коммерческой сети позволило получить лучшие результаты по оценке точности в среднем на 8%. Если, в случае оценки точности данных трафика с нормальным распределением, максимальная ошибка составляла 134%, то при использовании реальных данных защищенной коммерческой сети – 179%, в то время как для корректированной гравитационной модели максимальная ошибка составила 103%.

Таблица 1

Точность оценки матрицы трафика на основе гравитационной модели

№ ОП пары	Использование трафика локальной сети	Использование трафика, генерированного разработанным симулятором	
	Гравитационная модель	Гравитационная модель	Корректированная гравитационная модель
1	26,42%	28,66%	27,06%
2	22,64%	22,08%	15,66%
3	108,62%	133,94%	101,31%
4	26,82%	27,40%	16,87%
5	10,7%	10,09%	103,43%
6	28,64%	30,27%	5,79%
7	42,68%	42,48%	48,31%
8	8,65%	10,25%	28,91%
9	47,67%	47,81%	22,42%
10	29,68%	32,06%	49,85%
11	35,42%	37,81%	44,56%
12	134,68%	179,33%	69,34%

Продолжение таблицы 1

13	31,31%	33,79%	47,82%
14	66,12%	66,65%	14,32%
15	71,33%	72,27%	13,35%
16	21,33%	25,47%	38,27%
17	10,64%	10,26%	19,55%
18	98,63%	107,26%	37,79%
19	44,79%	42,60%	41,20%
20	10,56%	7,74%	31,13%
среднее:	39,36%	48,66%	39,90%

Литература

1. Vardi Y. Estimating Source-Destination Traffic Intensities from Link Data. Journal of the American Statistical Association, 433(91), March, 1996.
2. Tebaldi C., M. West. Bayesian Inference of Network Traffic Using Link Count Data. Journal of the American Statistical Association, 442(93), June, 1998.
3. Cao Jin, Davis D., Vander S. Weil, Yu B. Time-Varying Network Tomography: Router Link Data. Journal of the American Statistical Association, 2000, (452)95.
4. Fowler, Leland W. Local Area Network Traffic Characteristics, with Implications for Broadband Network Congestion Management. IEEE JSAC, 7(9), pp. 1149-1139, September, 1991.
5. Morris R., Lin D. Variance of aggregated web traffic. In INFOCOM, pages 2000, 366-360.
6. Willinger G. W., Feldmann A. Scaling Analysis of Conservative Cascades, with Applications to Network Traffic. IEEE Transactions on Information Theory, Vol.45, No.3, pp.992-971, Apr., 1999.